

**PRODUCTION OF L-ISOLEUCINE BY MEANS OF  
RECOMBINANT MICRO-ORGANISMS WITH DEREGULATED  
THREONINE DEHYDRATASE**

[71] **Applicant:** FORSCHUNGSZENTRUM  
JÜLICH GMBH; MÖCKEL,  
Bettina; EGTELING, Lothar; ...

[72] **Inventors:** MÖCKEL, Bettina;  
EGTELING, Lothar; SAHM,  
Hermann

[21] **Application No.:** DE9500017

[No drawing]

[22] **Filed:** 19950109

[43] **Published:** 19950720

[30] **Priority:** DE P 19940114

[Go to Fulltext](#)

**[57] Abstract:**

The invention relates to processes for the microbial production of L-isoleucine. To this end, in a gene in vitro of a threonine dehydratase, one or more bases in the gene region coding the enzyme's allosteric domains is/are exchanged in such a way that at least one amino acid in the amino acid sequence of the allosteric domains of the enzyme is replaced by another so that the enzyme is no longer inhibited by L-isoleucine feedback. Furthermore, concrete amino acid exchanges in the amino acid sequence of the enzyme are effected in a gene in vitro of a threonine dehydratase of corynebacterium glutamicum by base exchange both outside and inside and outside the gene region coding the allosteric domains of the enzyme so that, after the transformation of such mutated threonine dehydratase genes into a threonine or L-isoleucine-producing host cell, the latter repeatedly forms L-isoleucine.

[51] **Int'l Class:** C12N01560 C12P01306 C12N00121 C12N00121  
C12R00115



PCT

**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro**

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>C12N 15/60, C12P 13/06, C12N 1/21 //</b> <b>(C12N 1/21, C12R 1:15)</b>		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 95/19442</b>
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE95/00017	(22) Internationales Anmeldedatum: 9. Januar 1995 (09.01.95)	(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 20. Juli 1995 (20.07.95)	(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(30) Prioritätsdaten: P 44 00 926.7 14. Januar 1994 (14.01.94) DE	(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH (DE/DE); Wilhelm-Johnen-Strasse, D-52425 Jülich (DE).	(72) Erfinder; und	(Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MÖCKEL, Bettina (DE/DE); Westener Dorfstrasse 35, D-40591 Düsseldorf (DE). EGELING, Lothar (DE/DE); Elsenkamp 6, D-52428 Jülich (DE). SAHM, Hermann (DE/DE); Wendelinusstrasse 71, D-52428 Jülich (DE).			
<p><b>(54) Title: PRODUCTION OF L-ISOLEUCINE BY MEANS OF RECOMBINANT MICRO-ORGANISMS WITH Deregulated THREONINE DEHYDRATASE</b></p> <p><b>(54) Bezeichnung: HERSTELLUNG VON L-ISOLEUCIN MITTELS REKOMBINANTER MIKROORGANISMEN MIT Deregulierter THREONINDEHYDRATASE</b></p> <p><b>(57) Abstract</b></p> <p>The invention relates to processes for the microbial production of L-isoleucine. To this end, in a gene <i>in vitro</i> of a threonine dehydratase, one or more bases in the gene region coding the enzyme's allosteric domains is/are exchanged in such a way that at least one amino acid in the amino acid sequence of the allosteric domains of the enzyme is replaced by another so that the enzyme is no longer inhibited by L-isoleucine feedback. Furthermore, concrete amino acid exchanges in the amino acid sequence of the enzyme are effected in a gene <i>in vitro</i> of a threonine dehydratase of <i>Corynebacterium glutamicum</i> by base exchange both outside and inside and outside the gene region coding the allosteric domains of the enzyme so that, after the transformation of such mutated threonine dehydratase genes into a threonine or L-isoleucine-producing host cell, the latter repeatedly forms L-isoleucine.</p> <p><b>(57) Zusammenfassung</b></p> <p>Die Erfindung betrifft Verfahren zur mikrobiellen Herstellung von L-Isoleucin. Dazu wird in einem <i>in vitro</i> vorliegenden Gen einer Threonindehydratase durch Mutation in dem für die allosterische Domäne des Enzyms kodierenden Genbereich ein oder mehrere Basen so ausgetauscht, daß mindestens eine Aminosäure in der Aminosäuresequenz der allosterischen Domäne des Enzyms durch eine andere ersetzt wird, daß das Enzym nicht mehr durch L-Isoleucin feed back gehemmt wird. Des Weiteren werden in einem <i>in vitro</i> vorliegenden Gen einer Threonindehydratase aus <i>Corynebacterium glutamicum</i> durch Basenaustausch sowohl außerhalb als auch innerhalb und außerhalb des für die allosterische Domäne des Enzyms kodierenden Genbereichs konkrete Aminosäureaustausche in der Aminosäuresequenz des Enzyms vorgenommen, so daß nach Transformation derartmutierter Threonindehydratasegene in eine Threonin oder L-Isoleucin produzierende Wirtszelle diese vermehrt L-Isoleucin bildet.</p>			

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LJ	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

BEST AVAILABLE COPY

WO 95/19442

PCT/DE95/00017

B e s c h r e i b u n g

Herstellung von L-Isoleucin mittels rekombinanter Mi-  
kroorganismen mit deregulierter Threonindehydrolase

5

Die Erfindung betrifft Verfahren zur mikrobiellen  
Herstellung von L-Isoleucin nach den Ansprüchen 1 bis  
10, Threonindehydrolasegene gemäß den Ansprüchen 11 bis  
10 13, Genstrukturen nach Anspruch 14, Vektoren gemäß den  
Ansprüchen 15 und 16, sowie transformierte Zellen nach  
den Ansprüchen 17 bis 23.

15 Die Aminosäure L-Isoleucin ist für Mensch und Tier es-  
sentiell. Sie findet in diätischen Lebensmitteln sowie  
als Komponente verschiedener Nährgemische medizinischer  
Zweckbestimmung breite Verwendung. Auch wird L-Isoleu-  
cin als Zugabe oder als Reagenz in der pharmazeutischen  
und chemischen Industrie benutzt.

20

Für die Gewinnung des L-Isoleucins werden Mikroorganis-  
men eingesetzt, die diese Aminosäure ins Fermentations-  
medium ausscheiden. Dabei erfolgt die Bildung des L-  
Isoleucins nach dem in Figur 1 dargestellten  
25 Biosyntheseweg. Wie in Figur 1 ebenfalls demon-  
striert, gibt es in der Biosynthese des L-Isoleucins  
Schlüsselenzyme, und zwar die Aspartokinase, Homo-  
serindehydogenase und Threonindehydrolase. Die Aktivi-  
tät der Aspartokinase und Homoserindehydogenase wird  
30 durch die ebenfalls im Rahmen der Biosynthese des L-  
Isoleucins gebildeten Aminosäure L-Threonin feed back  
gehemmt, während das für die L-Isoleucinsynthese

spezifische Schlüsselenzym Threonindehydrolase durch das Endprodukt der Biosynthesekette L-Isoleucin feed back gehemmt wird.

5 Zur Erhöhung der L-Isoleucinbildung wurde in der Vergangenheit immer wieder versucht, Mutanten von L-Isoleucin-Produzenten zu erhalten, die gegenüber dem Wildtypen vermehrt L-Isoleucin bilden.

10 Zur Gewinnung solcher Mutanten wurden ausschließlich in vivo Mutagenesen durchgeführt, d.h. man ließ ein Mutagen auf das gesamte Genom einwirken. Über die Resistenz gegenüber Aminosäureanaloga wurden solche mutierten Mikroorganismen selektiert, deren oben erwähnte 15 Schlüsselenzyme keiner feed back Hemmung mehr unterlagen.

So wird beispielsweise eine Mutation, die zu Resistenz gegenüber  $\alpha$ -Aminobutyrat oder Isoleucinhydroxamat 20 führt, in der US-PS 4 329 427 beschrieben, wonach Mikroorganismen zwar vermehrt L-Isoleucin produzierten, aber unklar blieb, welche Enzyme nicht mehr feed back gehemmt wurden.

25 In den US-PS 4 442 208 und 4 601 983 wird beschrieben, daß nach in vivo Mutagenese ein - nicht genauer definiertes - DNA-Fragment isoliert werden konnte, das Resistenz gegenüber  $\alpha$ -Aminohydroxyvaleriansäure vermittelt. Nach Übertragung dieses Fragments in einen 30 Corynebacterium- bzw. Brevibacterium-Stamm produzierten diese vermehrt L-Isoleucin.

Auch sind Verfahren beschrieben, bei denen durch Über- 35 synthese noch feed back regulierter Schlüsselenzyme vermehrt L-Isoleucin gebildet werden kann (vgl. bei-

spielsweise DE-OS 3 942 947, EP-OS 0 137 348).

5 Insgesamt haben alle bisher beschriebenen Verfahren zur Erhöhung der L-Isoleucinproduktion gemeinsam, daß Mutationen eher zufällig zu deregulierten Schlüsselenzymen, die keiner feed back Hemmung mehr unterliegen, führten und darüber die Aminosäuresynthese erhöht wurde.

10 Es ist Aufgabe der Erfindung, Verfahren zur mikrobiellen Herstellung von L-Isoleucin zu schaffen, durch die durch definierte Mutationen das Schlüsselenzym der L-Isoleucinbiosynthese - die Threonindehydrolase - gezielt so verändert wird, daß eine feed back Hemmung durch L-Isoleucin nicht mehr erfolgt.

15 Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird dadurch gelöst, daß in einem in vitro vorliegenden Gen einer Threonindehydrolase durch Mutation in dem für die allosterische Domäne des Enzyms kodierenden Genbereich ein oder mehrere Basen so ausgetauscht werden, daß mindestens eine Aminosäure in der Aminosäuresequenz der allosterischen Domäne des Enzyms durch eine andere so ersetzt wird, daß das Enzym nicht mehr durch L-Isoleucin feed back gehemmt wird. "In vitro vorliegendes Gen" bedeutet hier, daß das Threonindehydrolasegen vor der Mutagenese kloniert, d.h. also isoliert und in einen Vektor eingebaut wird. Die Durchführung der Mutagenese durch Basenaustausch(e) erfolgt nach bekannter Methode, beispielsweise nach der Methode von Ito et al. (Gene 102 (1991) 67-70). Nach Transformation derart mutierter Threonindehydrolasegene in eine Threonin oder L-Isoleucin produzierende Wirtszelle bildet diese vermehrt L-Isoleucin.

Prinzipiell kann ein kloniertes bzw. *in vitro* vorliegendes Threoninhydratasegen aus einem beliebigen Bakterium stammen. Da *Corynebacterium glutamicum* zu den "klassischen" Aminosäureproduzenten zählt, stammt das 5 Gen vorzugsweise aus diesem Mikroorganismus, insbesondere aus dem Stamm ATCC 13032. Die DNA-Sequenz des Threoninhydratasegens aus diesem *Corynebacterium glutamicum* - Stamm ist bereits bekannt (vgl. Möckel et al., *J. Bacteriol.* 174 (1992) 8065-8072). Nach Basenaustausch in dem für die allosterische Domäne des 10 Enzyms kodierenden Genbereich werden beispielsweise die in den Tabellen 1 bis 3 aufgeführten DNA-Sequenzen erhalten. In den Tabellen ist der für die allosterische Domäne des Enzyms kodierende Genbereich unterstrichen 15 und sind die Stellen der Basenaustausche durch zusätzliches Unterstreichen kenntlich gemacht.

Nach Durchführung der Mutagenese werden die *in vitro* mutierten Gene in ein Plasmid eingebaut, in dem die 20 Expression des Threoninhydratasegens induziert werden kann. Als Plasmide eignen sich beispielsweise pVC 19 oder pKK 223-3 (Amman et al., *Gene* 25, 167). Nach Einbau der mutierten Gene in ein geeignetes Plasmid werden diese in einen geeigneten Bakterienstamm 25 transformiert.

Um diejenigen Klone zu erhalten, die die Plasmide mit den mutierten Threoninhydratasegenen auch tatsächlich enthalten, können die gewünschten Transformanden nach 30 der üblichen Methode über die Resistenz von Aminosäureanologa isoliert werden, wobei als Analoga beispielsweise  $\beta$ -Methylnorleucin, Isoleucinhydroxamat oder Hydroxyisoleucin in Betracht kommen.

Eine einfachere und gezieltere Isolierung wird aber dadurch erreicht, daß die veränderten Threonindehydratasegene in einen Mikroorganismus transformiert werden, dessen Acetohydroxysäuresynthase-Aktivität durch L-Valin hemmbar ist. Als Transformanden eignen sich z.B. *Escherichia coli* K 12 - Stämme, vorzugsweise die Stämme JM 109 oder DH 5. Die Transformanden werden anschließend auf ein festes Medium gebracht, das L-Isoleucin zur Hemmung der Threonindehydratase und L-Valin zur Hemmung der Verstoffwechslung des Ketobutyrats durch die Acetohydroxysäuresynthase (Umbarger: *Escherichia coli and Salmonella typhimurium*, 1 (1987) 352-367) enthält. Dem Medium wird vorzugsweise zusätzlich eine Substanz zur Induktion des Threonindehydratasegens sowie L-Threonin als Substrat für die Dehydratase zugegeben. Als Substanz zur Induktion des Threonindehydratasegens wird vorzugsweise IPTG (Isopropyl- $\beta$ -D-Thiogalactopyranosid) verwendet, so daß dem veränderten Threonindehydratasegen im Vektor ein IPTG-induzierbarer Promotor vorgeschaltet ist. Solche Klone, die eine deregulierte Threonindehydratase enthalten, setzen das L-Threonin ungehemmt in Ketobutyrat um. Da die weitere Umsetzung des Ketobutyrats durch Acetohydroxysäuresynthase durch das zugegebene L-Valin gehemmt wird, akkumuliert Ketobutyrat, was zur Folge hat, daß die eine deregulierte Threonindehydratase enthaltenden Klone aufgrund der bekannten Toxizität von Ketobutyrat (La Rossa und Schloss, *J. Biol. Chem.* 259 (1984) 8753-8757) schlechter wachsen. Das schlechtere Wachstum äußert sich in der Bildung kleinerer Kolonien, durchscheinenderer Kolonien oder von Kolonien mit zerklüftetem Kolonieumriß. Diese Kolonien können leicht abgeimpft und deshalb Klone mit deregulierter Dehydratase leicht isoliert werden.

Diese Isolierungsmethode ist selbstverständlich auch bei solchen Transformanden anwendbar, die ein kloniertes Threoninhydratasegen enthalten, welches durch andere Mutationsarten als durch Basenaustausche so verändert worden ist, daß das entsprechende Enzym keiner 5 feed back Hemmung mehr unterliegt.

Eine erfindungsgemäße Alternative zur Lösung der ge-10 nannten Aufgabe besteht darin, daß in einem in vitro vorliegenden Gen einer Threoninhydratase aus *Coryne-* *bacterium glutamicum* durch Basenaustausch außerhalb des für die allosterische Domäne des Enzyms kodierenden Genbereichs die Aminosäure Alanin in der Position 257 der Aminosäuresequenz des Enzyms durch die Aminosäure 15 Glycin (Tabelle 4) oder die Aminosäure Methionin in der Position 199 der Aminosäuresequenz des Enzyms durch die Aminosäure Valin ersetzt wird (Tabelle 5), wonach nach Transformation derart mutierter Threoninhydratasegene 20 in eine Threonin oder L-Isoleucin produzierende Wirts-  
zelle diese vermehrt L-Isoleucin bildet.

Eine weitere Alternative zur Lösung der Aufgabe besteht darin, daß in einem Threoninhydratasegen aus *Coryne-* *bacterium glutamicum* durch Basenaustausch außerhalb des 25 für die allosterische Domäne des Enzyms kodierenden Genbereichs die Aminosäure Histidin in der Position 278 der Aminosäuresequenz des Enzyms durch die Aminosäure Arginin und innerhalb des für die allosterische Domäne des Enzyms kodierenden Genbereichs die Aminosäure 30 Leucin in der Position 351 der Aminosäuresequenz des Enzyms durch die Aminosäure Serin ersetzt wird (Tabelle 6), wonach nach Transformation eines derart mutierten Threoninhydratasegens in eine Threonin oder L-Isoleu-35 cin produzierende Wirtszelle diese ebenfalls vermehrt L-Isoleucin bildet.

Als Wirtszelle für die Transformation eines mutierten Threonindehydrolasegens bzw. als Produktionsstamm eignet sich vorzugsweise *Corynebacterium glutamicum* und insbesondere der hinterlegte DSM-Stamm 8890. Als 5 Transformanden sind beispielsweise die bei der DSM unter den Nummern 8889 und 8891 hinterlegten Stämme erhältlich, welche vermehrt L-Isoleucin ins Fermentationsmedium ausscheiden. Auch ist es nützlich, als Produktionsstämme bzw. Wirtszellen für die 10 Transformation solche zu verwenden, die nicht mehr die noch durch L-Isoleucin regulierte Wildtyp-Threonin-dehydratase synthetisieren, so daß in den Zellen nur noch deregulierte Threonindehydrolase die Umsetzung von L-Threonin katalysiert.

---

## Ausführungsbeispiel:

1. Herstellung mutierter Enzyme die keiner feed back Hemmung mehr unterliegen.

## 5 1.1 Selektion der gewünschten Enzyme.

Das bekannte Plasmid pBM1/Exo8, das die regulierte Threoninhydratase des Wildtyps von *Corynebacterium glutamicum* codiert (Möckel et al. J Bacteriol 174(1992) 8065-8072), wurde nach bekannten Verfahren (Sambrook et al., Molecular Cloning, A 10 Laboratory Handbook, 1989, Cold Spring Harbour Laboratory Press) isoliert. Es wurde anschließend mit dem Restriktionsenzym EcoR1 verdaut und das 1573 Basenpaare große, das Threoninhydratasegen enthaltende Fragment, isoliert. Diese Fragment wurde in die EcoR1 Schnittstelle des bekannten Vektors pUC19 (Vieira and Messing, 15 Gene 19 (1976) 259-268) ligiert, und dadurch das Plasmid pBM20 erhalten (Figur 2), in dem nun das Threoninhydratasegen aus *C. glutamicum*, das selbst in *E. coli* nicht exprimiert wird (Cordes et al., Gene 112 (1992) 113-116), in dem Standard-Laborstamm *E. coli* JM109 unter Kontrolle des durch Isopropyl-D-thiogalactopyranosid 20 induzierbaren lacZ Promoters des Ursprungsvektors pUC19 vorliegt.

Zur Einführung der ungerichteten Mutationen in die allosterische Domäne der Threoninhydratase wurden in einer getrennten Prozedur auf bekannte Weise zwei DNA-Primer synthetisiert:

25

5'-Primer: CGCAGCTGACTTCCATGGGGCAAGA

3'-Primer: CCAGTGCCAAGCTTGCATGC

Der 5'-Primer ist homolog zur *NcoI*-Schnittstelle (unterstrichen) im Threonindehydratasegen. Der 3'-Primer ist homolog zur *HindIII* Erkennungsstelle (unterstrichen) der Multiple-Cloning-Site des Ausgangsvektors pUC19.

5 Mit beiden Primern wurde nun eine Polymerase-Kettenreaktion durchgeführt (Tindall und Kunkel, Biochemistry 27 (1988) 6008-6013), in der durch die unspezifische Reaktion der *Taq* Polymerase (Leung et al., Technique 1 (1989) 11-15) neue DNA-Fragmente die Mutationen enthalten entstehen. Der Reaktionsansatz enthielt in 10 einem Endvolumen von 100 µl: 20 µl 5'-Primer (25 µg/ml), 20 µl 3'-Primer (25 µg/ml), 1 ng Template (pBM20), 100 µM ATP, 100 µM dNTP Mix, 10 µl *Taq* 10xPuffer (100 mM Tris, 15 mM MgCl<sub>2</sub>, 500 mM KCl, Gelatine 1 mg/ml, pH8,3), 0,5 U *Taq* Polymerase (5U/µl), 0,5 mM MnCl<sub>2</sub>. Als Reaktionsbedingungen wurde ein Time Delay File von 94 15 °C (3 min), Thermo Cycle File von 94 °C (1 min), 55 °C (2 min), 72 °C (3 min), Soak File 4 °C, Segment Extension 10 sec, mit einer Anzahl von 30 Zyklen eingestellt. Nach der Reaktion, wurden die DNA-Fragmente aufgereinigt (Sambrook et al., Molecular Cloning, A Laboratory Handbook, 1989, Cold Spring Harbour Laboratory Press), 20 mit *NcoI* und *HindIII* verdaut und mit pBM20 ligiert, aus dem zuvor das entsprechende 743 Basenpaare *NcoI-HindIII*-Fragment ausgeschnitten worden war welches für die allosterische Domäne der Wildtyp-Threonindehydratase kodiert.

Mit diesen *in vitro* erzeugten Ligationsprodukten, die auch 25 mutierte Threonindehydratasegene enthielten wurde nun *E. coli* JM109 nach bekanntem Verfahren transformiert (Hanahan, Techniques for Transformation of *E. coli* (1985) DNA cloning, Volume 1, pp 109-136, IRL Press Oxford), und etwa 10 000 Plasmid enthaltende

Klone auf Luria-Bertani Medium (Lennox, Virology 1 (1955) 190-206)), das 50 µg/ml Ampicillin enthielt erhalten.

Um nun die Klone zu identifizieren die für eine nicht mehr feed back hemmbare Threoninhydratase kodieren wurde Luria-Bertani

5 Medium hergestellt, das zusätzlich 40 mM L-Threonin als Substrat der Threoninhydratase enthielt, sowie 1 mM Isopropyl-β-D-thiogalactopyranosid zur Induktion der *lacZ* bedingten Expression des Threoninhydratasegens. Wie bekannt, enthält das Luria

Bertani Medium bereits ausreichend L-Valin zur Hemmung der

10 Acetohydroxysäresynthaseaktivität in *E.coli* (Umbarger, Biosynthesis of branched-chain amino acids (1987) *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* Vol 1, pp 352-367, American Society for Microbiology, Washington DC) um somit in dem hier beschriebenen

Verfahren eine möglichst hohe Akkumulation von α-Ketobutyrat zu

15 erreichen. Neben dem Luria-Bertani Medium, das Threonin und Isopropyl-β-D-thiogalactopyranosid enthielt, wurde zur Kontrolle das gleiche Medium ohne Isopropyl-β-D-thiogalactopyranosid

hergestellt, wo also keine Induktion der Threoninhydratase

erfolgt. Anschließend wurden die Klone von *E. coli* JM109 die die

20 zu prüfenden pBM20 Derivate enthielten auf diese Platten in konventioneller Weise gestempelt und 24 Stunden bei 37 °C

inkubiert. Danach konnten auf dem Medium welches Isopropyl-β-D-

thiogalactopyranosid enthielt 60 abnorm wachsende Kolonien

identifiziert werden, die sich durch geringeres Wachstum, oder

25 blassere Kolonie, oder zerklüfteten Kolonierand auszeichneten,

aber auf dem Kontrollmedium ohne Isopropyl-β-D-

thiogalactopyranosid normal wuchsen. Diese Klone wurden einzeln

einem identischen Nachtest unterzogen, und schließlich 6 der Klone

mit ausgeprägter Wachstumsverzögerung einem biochemischen Test

zur Charakterisierung der Regulation der sie enthaltenden Threoninhydratases unterzogen.

5 1.2 Charakterisierung der Hemmung der Enzyme.

Sechs der so erhaltenen rekombinanten Klone von *E. coli* JM109 wurden in 100 ml LB Flüssigmedium, das zusätzlich 50 µg Ampicillin/ml enthielt beimpft, und bei 37 °C inkubiert. Die 10 optische Dichte (OD<sub>600nm</sub>) wurde verfolgt, und bei Erreichen der OD von 0,5, Isopropyl-β-D-thiogalactopyranosid in einer Endkonzentration von 0,5 mM zugegeben. Nach Inkubation für eine weitere Stunde bei 37 °C wurden die Zellen durch Zentrifugation geerntet, einmal mit Puffer pH 7,0 (0,1 M Kaliumphosphat, 0,5 mM 15 L-Isoleucin, 0,2 mM Pyridoxalphosphat) gewaschen, in 1 ml des gleichen Puffers aufgenommen, und durch Ultraschallbehandlung im Branson-Sonifier W250 (3 Minuten, gepulst mit einem Intervall von 20%, Leistungs-output von 2) desintegriert. Zur Abtrennung der Zelltrümmer wurde das Homogenat 10 Minuten bei 13000 UpM und 4 °C 20 in einer Sigma Kühlzentrifuge zentrifugiert, und danach der resultierende klare Überstand (Rohextrakt) im Enzymtest zur Bestimmung der Threoninhydrataseaktivität und -regulation benutzt.

Der Enzymtest enthielt in einem Endvolumen von 0,8 ml, 0,1 M 25 Kaliumphosphat (pH 8,2), 1 mM Pyridoxalphosphat, 40 mM L-Threonin, und Rohextrakt. Der Ansatz wurde bei 30 °C inkubiert und 200 µl Proben nach 0 und 30 Minuten entnommen. Die Threoninhydratasereaktion wurde jeweils durch Zugabe von 1 ml Reagenz beendet. Dies bestand aus 1 g Semicarbazid plus 0,9 g

Natriumacetat in 100 ml Wasser. Nach 15 minütiger Inkubation bei 30 °C wurde 3 ml Wasser dazugegeben, und die Extinktion bei 254 nm im Zeiss Spektralphotometer PM6 bestimmt. Kontrollen und Eichwerte mit 0 bis 1,5 µmol Ketobutyrat wurden identisch behandelt, und aus einer 5 Eichkurve die tatsächlich im Enzymtest gebildete durch die Threonindehydrolase gebildete Ketobutyratmenge ermittelt. Parallel wurden identische Ansätze durchgeführt, die zur Prüfung auf Hemmung der Threonindehydrolase 5 mM L-Isoleucin enthielten. Unabhängig von dieser Bestimmung wurde wie beschrieben (Bradford, 10 Anal Biochem 72 (1976) 248-254) der Proteingehalt der Rohextrakte bestimmt. Die erhaltenen spezifischen Aktivitäten und der Grad der Hemmung sind aus Tabelle 7 ersichtlich.

Tabelle 7: Charakterisierung mutierter Threonindehydrazasen und deren Hemmbarkeit durch L-Isoleucin.

5	Klon	sp.A. Threonindehydrazase		
		( $\mu$ mol/min mg Protein)	- Ile	+ 5 mM Ile
	Wildtyp	1,561	0,240	
	38	1,771	1,907	
	16	0,412	0,251	
10	31	1,932	0,590	
	50	0,220	0,132	
	54	0,28	0,136	
	14	1,708	1,989	

15 Es ist direkt ersichtlich, daß die mutierten Enzyme 38 und 14 ohne jede allosterische Hemmung durch L-Isoleucin sind. Das Enzym der Mutante 31 weist in Anwesenheit von L-Isoleucin noch 30 % Restaktivität auf, wogegen das Enzym des Wildtyps unter diesen Bedingungen nur noch 15 % Restaktivität hat.

20

### 1.3 Charakterisierung des Mutationsortes der Enzyme.

Zur Bestimmung der Mutationen in den hergestellten Enzymen wurden 25 die für Threonindehydrazase kodierenden Plasmide aus den *E. coli* JM109 Klonen nach Standardverfahren isoliert. Die Sequenzierung der mutierten Region des Threonindehydrazasegens erfolgte mit Hilfe der Didesoxynukleotid-Terminationsmethode nach Sanger et al. (Sanger et al., Proceedings of the National Academy of Sciences,

USA (1977) 5463-5467). Als Primer wurden Fluoreszein markierte sequenzspezifische Nukleotide nach der entsprechenden Firmenvorschrift von Pharmacia synthetisiert (Pharmacia, Uppsala, Schweden). Diese Primer wurden mittels

5 Hochdruckflüssigchromatografie mit einem Gradienten von 5 - 30 % Acetonitril in 100 mM Triethylaminacetat pH 7,0 und der Pharmacia SuperPac<sup>R</sup> Pep-S, 5 µm gereinigt. Die Primer wurden in einer Standard-Sequenzierungsreaktion eingesetzt und während der Elektrophorese die Reaktionsprodukte durch Fluoreszdetektion auf 10 dem A.L.F. Sequencer (Pharmacia, Uppsala, Sweden) und automatisch detektiert und die resultierende Sequenz aufgezeichnet.

Für die Sequenzierung verwendete Primer. Die Position der Basen bezieht sich auf die Sequenz in Fig. 3 in Möckel et al. J 15 Bacteriol 174 (1992) 8065-8072.

Base 957-958: 5'Fluoreszein-d(GGTCAGGGCACCGTGGCTGCTG)-3`  
Base 1172-1191: 5'Fluoreszein-d(GGAGACTGTTGATCCCTTG)-3`  
Base 1381-1400: 5'Fluoreszein-d(CCTTGACCTGGTTCTGTC)-3`  
20 Base 1586-1607: 5'Fluoreszein-d(CCTCAAGCGCAACAACCGTGAG)-3`

Die dadurch festgestellte Sequenz der einzelnen Threoninhydratasegene wurde mit der bekannten des Wildtypgens (Möckel et al. J Bacteriol 174(1992) 8065-8072) verglichen. Die 25 einzelnen Basenaustausche der biochemisch charakterisierten Threoninhydratasegene sind in Tabelle 8 wiedergegeben. Die veränderten Codons wurden in die entsprechenden Aminosäuren anhand des universellen genetischen Codes übersetzt und die somit

festgestellten Aminosäureaustausche, die zu veränderter Regulation der Threonindehydrolase führen, ebenfalls in Tabelle 8 aufgeführt. Es wurden Mutationen mit dereguliertem Phänotyp über den gesamten Bereich, der zur Mutation eingesetzt wurde, erhalten. In Mutante 5 14 liegt eine Doppelmutation vor, was zeigt, daß auch mehrere Aminosäureaustausche in einem Enzym zum gewünschten deregulierten Phänotyp führen können.

10 Tabelle 8: Genetische Charakterisierung der Threoninhydratases mit veränderter allosterischer Regulation.

	Mutante	Nukleotidauschsel		Aminosäureaustausch		
		Position	Wildtyp	Mutante	Position	Wildtyp
	38	1398	GTC	GCC	323	Val
15	16	1559	GAT	GGT	377	Asp
	31	1579	TTT	TGT	383	Phe
	50	1200	GCA	GGA	257	Ala
	54	1026	ATG	GTG	199	Met
	14	1264	CAC	CGC	278	His
20	+	1483	TTG	TCG	351	Leu
						Ser

## 2. Bestimmung der Isoleucinausscheidung durch deregulierte Enzyme.

Die gewonnenen Allele wurden in *E. coli/C. glutamicum* shuttle Vektoren umkloniert um sie so in einem Threoninproduzenten von *C. glutamicum* exprimieren zu können.

Dazu wurde zunächst der *E. coli/C. glutamicum* shuttle Vektor pKWO nach bekannten Klonierungsverfahren (Sambrook et al., Molecular Cloning, A Laboratory Handbook, 1989, Cold Spring Harbour Laboratory Press) hergestellt. Der resultierende Vektor ist in Figur 3 dargestellt. Er ist 9.5 kb groß, und enthält (i) das *C. glutamicum* Replicon pGA2 (Sonnen, Molekulargenetische Charakterisierung von Phagen-Wirt-Beziehungen bei coryneformen Aminosäure-Produzenten, Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt, 1991), das zu nur niedriger Kopienzahl in *C. glutamicum* führt, (ii) das *E. coli* Replikon aus pOU71 (Larsen et al., Gene 28 (1984) 45-54), das zu einer Kopie/Zelle bei 30 °C führt, aber bis zu 1000 Kopien/Zelle bei 42 °C, (iii) der Tetracyclinresistenz aus pHY163 (Ishiba and Shibahara, Jpn J Genet 60 (1985) 485-498)), und (iv) der cos-site aus pBTI-1 (Boehringer, Mannheim). Die *ilvA* Allele 14, 16 und 18, sowie das Wildtypallel wurden aus den unter 1.1 hergestellten pBM20 Derivaten als EcoRI-Fragmente isoliert, und mit dem EcoRI restringierten Vektor pKWO ligiert, um pKWO<sub>ilvA</sub>, pKWO<sub>ilvA14</sub>, pKWO<sub>ilvA16</sub>, und pKWO<sub>ilvA38</sub> zu ergeben. Mit diese Plasmiden wurde mittels Elektroporation (Liebl et al., FEMS Microbiol Lett 65 (1985) 299-304) der Threoninproduzent MH20-22B::pSUR5-DR1 (Reinscheid et al., Appl Env Microbiol (1994), in press) transformiert. MH20-22B ist bei der Deutschen Sammlung für Mikroorganismen unter der Nummer DSM 6870 hinterlegt, sowie MH20-22B::pSUR5-DR1 (DSM 8890) und MH20-22B::pSUR5-DR1 pKWO<sub>ilvA16</sub> (DSM

8889). Diese Stämme wurden in dem Minimalmedium CGXII wie beschrieben kultiviert (Keilhauer et al., J Bacteriol 175 (1993) 5595-5603), und nach 72 stündiger Inkubation die im Kulturmedium akkumulierten Aminosäuren bestimmt. Aus der Tabelle 9 geht die 5 eindeutige Steigerung der L-Isoleucinbildung durch die Mutantenallele hervor.

Tabelle 9: Einfluß der Expression der Allele der Mutanten 38, 14 und 16 auf die Aminosäureproduktion mit *C. glutamicum*.

10

	Stamm	Thr	Lys	Ile		
					(mM)	
	MH20-22B	0	76	1		
15	MH20-22B::pSUR5-DR1	36	26	16		
	MH20-22B::pSUR5-DR1 pKW0ilvA	14	26	40		
	MH20-22B::pSUR5-DR1 pKW0ilvA14	0	24	55		
	MH20-22B::pSUR5-DR1 pKW0ilvA16	0	22	50		
	MH20-22B::pSUR5-DR1 pKW0ilvA38	0	20	53		

20

In einem weiteren Experiment wurde das Wildtypallel und das der Mutante 38 in den high copy Pendelvektor pECM3 (A. Schäfer, 25 Diplomarbeit, 1991, Universität Bielefeld) integriert. Die Fragmente wurden wiederum aus den unter 1.1 hergestellten pBM20 Derivaten als EcoRI-Fragmente isoliert, und mit dem EcoRI restringierten Vektor ligiert, um pECM3ilvA und pECM3ilvA38 zu ergeben. Mit diese Plasmiden wurde mittels Elektroporation (Liebl 30 et al., FEMS Microbiol Lett 65 (1985) 299-304) der

Threoninproduzent MH20-22B::pSUR5-DR1 (Reinscheid et al., Appl Env Microbiol (1994), in press) transformiert. MH20-22B ist bei der Deutschen Sammlung für Mikroorganismen unter der Nummer DSM 6870 hinterlegt, sowie MH20-22B::pSUR5-DR1 (DSM 8890) und MH20-5 22B::pSUR5-DR1 pECM3ilvA38 (DSM 8891). Diese Stämme wurden in dem MH20-22B-Minimalmedium (Schrumpf et al. Appl Microbiol Biotechnol 37 (1992) 566-571) wie beschrieben kultiviert, und nach 72 stündiger Inkubation die im Kulturmedium akkumulierten Aminosäuren bestimmt. Aus der Tabelle 10 geht wiederum die eindeutige 10 Steigerung der L-Isoleucinbildung durch das jeweilige Mutantenallel hervor.

15 Tabelle 10: Einfluß der Expression des Allels der Mutante 38, auf die Aminosäureproduktion mit *C. glutamicum*.

	Stamm	Thr Lys Ile		
		(mM)		
	MH20-22B	0	158	2
20	MH20-22B::pSUR5-DR1	53	61	29
	MH20-22B::pSUR5-DR1 pECM3ilvA	0	55	88
	MH20-22B::pSUR5-DR1 pECM3ilvA38	0	59	125

Tabelle 1

Mutante 38

CGCCATTGCTGAGCATGGCTGCCCTCAGAGCTGCCCGCCAGGTTCTGTTCCATCGACTGGATTCATCATCAGGATCTGAGGTCAT. 100  
 GTTGTCTGAGAGCTGTCTAGTGGTCAGAGGACTGAGCTGGCAACTGGACTGAACACGGACAATGCCACAGGCTTGCTGAAACAAGGTCAAAGTA 200  
 CTTGACGCCAAAGACAAAATTTCTCTGGCAATAAATATGGGATTACTATGAAACAAGATAAGATGGATAGCGAAAGCTATCCCTCAACTCGT 300  
 GAAAGTGTAGTGCACAAACCACACTATTGGCTAGAAAACATCTATAGCTTGTCTACAAAGAGCTTGTGAAATAAAACCTATGCCAAAGTAGGTG 400  
 HindII  
 CAATTCTAGGAGAAGATTACACTAGTCACCATGAGTGAACATACGTGTGTGAGAAAAGTCAGGAGTGAAGCTAGCGGACGGACCTGATTCGTC 500  
 M S I T Y V S L K S P G V H A S G A E L I R A 23  
 CGCCACATTCAAACGGCGACCCACGAATTCCCTCCGCTATTGCAACCACTCCATTGCACTATGCCCTCGCTTCTGAGGAAACCGGAGCGGAATCT 600  
 A D I Q T A Q A R I S S V I A P T P L Q Y C P R L S E E T G A E I 56  
 ACCTTAACCGTGGGGATCTGAGGATGTTGTTCTACAAGATCCGGGTGGCTGAACCTGGAGGCAGTCACCCCAAGAGCAGCGGAAGCTGAGGTAT 700  
 Y L K R E D L Q D V R S Y K I R G A L H S G A O S P Q E O R U A G I 90  
 BstEII  
 CGTTGCCGATCTGCAAGTAACCATGCCAGGGCTGGCTATGTGTGCAAGTCCTGGGCTTCAGGGACCCATCTATGTTCTGTGCAAGACTCCAAAC 800  
 V A A S A G R H A Q G V A Y V C K S L G V Q G R I Y V P V Q T P K 123  
 CAAARGGTGACCCATCATGGTACCGGGAGAGTTGTCTCCCTGGGTGGCTCACTGGCAATAACTTCGACCAAGCATGGCTGCAAGGGCATGAAGATG 900  
 Q K R D R T I M V H G G E F V S L V V T G N H F D E A S A A H E D 156  
 BglII  
 CAGAGCCACCCGGCAACGGCTGATCCAGCTTCCGATGCTGCAACACCGTCATGGTCAAGGCAACCGTGGCTGGTGGATCTGTGCAAGCTGACTTC 1000  
 A E R T G A T L I E P F D A R N T V I G Q G T V A A E I L S Q L T S 190  
 CATGGCAAGAGTGCAGATCACGTGATGGTCCAGTGGGGGACTCTTGAGGTGTGGTCACTACATGGTGAATGGCACCTGGCACTGG 1100  
 M G K S A D H V H V P V G G G G L L A G V V S Y H A D K A P R T A 223  
 ATCGTTGGTATCGAACCCAGGGGAGCAGCATCCATGCAAGCTGCTGCAACATGGTGGACCAATCACTTGGAGACTGTTGATCCCTTGEGACGGCG 1200  
 I V G I E P A G A A S H Q A A L H N G G P I T L E T V D P F V D G 256  
 BglIII  
 CAGAGGTCAACCGTGGAGATCTCACTACACCATGTTGGAGAACCAAGGGTGGCTGCACATGATGAGGCGACCCAGGGCTGTGTGACTG 1300  
 A E V K R V G D L N Y T I V E K H Q G R V H M M S A T E G A V C T E 290  
 GATGCTCGATCTTACCAAACGAAGGCATCATGGGAGCCTGCTGGGGCTGTCTATGGCTGGGTGAAGGAATGTCCTTGCACTGGCTGCC 1400  
 M L D L Y Q H E G I I A E P A G A L S I A G L K E H S F A P G S A 323  
 -----
 GTGGGTGCACTCTCTGGTGGCAACAAACGATGTGCTGGTATGGGAAATGCCGAGCTCCCTGGCACCCGGTTGAAGCACTACTCTGG 1500  
 V V C I I S G G H N D V L R Y A E I A E R S L V H R G L K H Y I L 356  
 -----
 EOVR.  
 TGAACCTCCCGAAAGCTGGTCAGTTGGCTCACTTCTGGAAAGATACTGGGACCCGATGATGACATCACGGTGTGAGTACCTCAAGCGCAACAA 1600  
 V N F P Q K P G Q L R H F L E D I L G P O O D I T L F E Y L K R N 390  
 -----
 CCGTGAGACGGTACTGGTGGGTATCACTTGAGTGAAGCATCAGGATTGGATCTTGCTGGAACTGGATTCAGGCTGAGGAAATGGGAAATGGCAATGGATCCCGT 1700  
 R E T G T A L V G I H L S E A S G L D S L L E R M E E S A I D S R 423  
 -----
 CGCCCTGGAGCCGGGCACTCTGAGTACGAATACTTGACCTAACATAGCTGAAGGCACCTCAATGGGTGGCTTTCTGAGTTCGGGTCAGGATCG 1800  
 R L E P G T P E Y E Y L T 436  
 -----
 CAAGGCCCCACGGCTGAAGGGTTCTGGAGGTGTCGGTGACGGTGGGGAGTGAGCTGIAAAATGAGCTGCCGCCAACGGGGACGGGAGA 1900

EcoRI  
 GGAGAAATTGGCCAGAATTGGCGG

ERSATZBLATT

Tabelle 2

## Mutante 16

CGCCATTGCTGAGCATTGAGCTGCCCTCAGAGCTGCCAGGTTCTGTTTCCATCGACTGGATTCCATCATCATCAAGGATCTGTGAGGAT 100  
 GTTGTCTGAGAGCTGTGCTAGTGGCTCAGAGGACTGAGCTGGGAACTGGAGTGAACACGGACAATGCCACAGGCCCTGC1G1AACAGGTCAAAGTA 200  
 CTTGGACCCAAGACAAAACTTTCTCTGGCAATAAAATGGGATTACTATGGAAACAAAGATAGAAGATTGGATAGGAAAGCTATCCCTCAACTCGT 300  
 GGAAAGTGTAGTGCCACAACCACAGTATGGCTAGAAAACAACTATAGCATTGTTCTACAAAGAGCTGTGGAAATAAAACCTATGCCAAAGTAGCTG 400  
 HindII  
 CAATTCTAGGAGAAAGATTACACTAGTCACCATGAGTGAACACATACTGCTGAGAAAAGTCCAGGAGTGTGGCTAGCTGAGGGAGCTGATTCGTC  
 M S E T Y V S E K S P G V M A S G A E L I R A 500  
 23  
 GCGGACATTCAAACGGCCAGGCACGAATTCCCTCCGTCAATTGCCACCAACTCCATTGCCAGTATTGCCCTCGTCTTCTGAGGAACCCGGAGGAAAC 600  
 A D I Q T A Q A R I S S V I A P T P L Q Y C P R L S E E T G A E I 56  
 ACCTTAAGCGTGGAGGATCTGAGGATGTTCTGAGGATCTGAGGATCTGAGGATCTGAGGATCTGAGGATCTGAGGATCTGAGGATCTGAGGATCTGAGGAT 700  
 Y L K R E D L Q D V R S Y K I R G A L N S G A Q S P Q E O R D A G I 90  
 BstEII  
 CGTTGCCGCATCTGCAAGTAAACCATGCCAGGGCGTGGCTATGTGTGCAAGTCTGGCCGCTCAGGGACGCATCTATCTCTGTGAGAATCCAAAG 800  
 V A A S A G N H A Q G V A Y V C K S L G V Q G R I Y V P V Q T P K 123  
 1000  
 CAAAGCGTACCGGATCATGGTCAACGGGGAGAGTTGCTCTGGTCACTGGCAATAACTTGCACCAAGCTGGGAGCTGGCAGGCCATGAGATG 900  
 Q K R D R I H V H G G E F V S L V V T G N H F D E A S A A A H E D 156  
 CAGAGGCCACCGGCCAACCTGATCGAGCTTCTGATGCTCGCAACACCGTACCGTCAGGGCACCGTGGCTGAGAATCTGAGCTGGCAGGCCATGAGATG 1000  
 A E R T G A T L I E P F D A R N T V I G Q G T V A A E I L S Q L T S 190  
 1100  
 CATGGCCAAAGATGCAAGATCACGTGATGGTCCAGTCGCCGGTEGCCGAATTCTGCAAGGTGTGGCTACATGGCTGATATGCCACCTGCACCTGG  
 M G K S A D H V H V P V G G G G G L L A G V V S Y M A D H A P R T A 223  
 1200  
 ATCGTTGGTATCGAACCGGGGAGCAGCATCCATGCCAGGCTGCATTGCACAAATGGGACCACTACTTGGAGACTGTGATCCCTTGAGGACGGC 1200  
 I V G I E P A G A A S H Q A A L K H N G G P I T L E T V D P F V D G 256  
 BglII  
 CAGAGGTCAACGCTGCGGAGATCTCAACTACACCATCGTGGAGAAGAACGGCTGGCTGCACATGATGAGCCGACCCGGAGGGCTGTGCTACTGA 1300  
 A E V K R V G D L H Y T I V E K R Q G R V H H M S A T E G A V C T E 290  
 1400  
 GATGCTCGATCATCTGCTGGCAACAAACGATGTCGGTTATGGGAAATGCCGAGGGCTCTGGCTGCCACCCGGTTGAGGAATGCTTGCACCTGGTCTGIC  
 M L D L Y Q H E G T I A E P A G A L S I A G L K E M S F A P G S V 323  
 1500  
 GTGGCTGCTCATCTGCTGGCAACAAACGATGTCGGTTATGGGAAATGCCGAGGGCTCTGGCTGCCACCCGGTTGAGGAATGCTTGCACCTGGTCTGIC  
 V V C I I S G G H D V L R Y A E I A E R S L V H R G L K H Y F L 356  
 1600  
 TGAACCTCCCCAAAAGCTGGTCAAGTGGCTCACTTCTGGAAAGATATCTGGGACCGGTGATGACATCACCGTGTGGTACCTCAAGGCCAACAA  
 V N F P Q K P G Q L R H F L E D I L G P G D D I T L F E Y L X R H N 390  
 1700  
 CGGTGAGACCGTACTGGTGGGGTATTCACTGACTGAAGCATCAGGATTGGATTCTGGTGGAAACCTATGGAGGAATGCCAATTGATCCCCG  
 R E T G T A L V G I H L S E A S G L D S L L E R M E E S A I D S R 423  
 1800  
 CGCCCTCGAGCGGGCACTCTGAGTACGAATACTTGAACCTAAACATAGCTGAAGCCACCTCAATGGAGGTGGCTTTTCTACTTGGGCTACGGATCG  
 R L E P G T P E Y E Y L T 436  
 1900  
 CAAAGCCCCACGGCTGAACGGTTGTCGGAGGTGTCGGTGAAGGTGGGGAGTGAAGCTGAAATCAGCTGCCGCCAACGGGGACGGTGTGGCTCGC  
 ECO RI  
 GGAGAAATTCCCCACAAATCGGGCG

Tabelle 3

## Mutante 31

CGCCATTGCTGAGCATGAGCTGCCCTAGAGCTGCCGGCCAGGTTCTCCATCGACTGGATTCCATCATCAAGGATCTGTGAGGGTGA 100  
 GTTGTCTGACAGCTGTCTACTGCCCTAGAGGACTGACCTGGCAACTGGAGTGAAACACGGACAATGCCACAGGCTTGCTGAAACACGGTCAAAATA 200  
 CTTCGACCCAAAGACAAACTTCTCTGGCAATAAATATGGGATTACTATGGAAACAAGATAGAAGATTGGATAGCCAAAGCTATCCCTCACTCGT 300  
 GGAAAGTGTAGTCCCACAAACCAAGTATTGGCTAGAAAACAATCTATAGCATTGTTCTACAAAGAGCTTGTTGGAAATAAAACCTATGCCAAAGTAGGTG 400  
 HindII  
 CAATTCTAGGAGAAGATTACACTAGTCACCATGAGTGAAACATACTGTCTGAGAAAAGTCCAGGAGTGATGGCTAGGGAGGGAGCTGATTCGTGCC 500  
 H S E T Y V S E K S P G V M A S G A E L I R A 23  
 GCGCACATTCAAACGGCCAGGCACGAATTCTCCGTATTGCCAACCTCCATGGCAGTATTGCCCTGGCTTCTGAGGAACCCGGAGCGGAATCT 600  
 A D I Q T A Q A R I S S V I A P T P L Q Y C P R L S E E T G A E I 56  
 ACCTTAAGCGTGAGGATCTGCAGGATGTTCTGTTCTACAGATCCGGGTGGCTGAACCTGGAGCGAGTCACCCCAAGAGCAGCCGATCCAGGTAT 700  
 Y L K R E D L Q D V R S Y K I R G A L H S G A Q S P Q E Q R D A G I 90  
 BstEII  
 CGTTGCCCATCTGCAGGTAACCATGCCCAAGGGCTGGCTATGTCAGTCAGTCAGGAGGCTATGTCAGTCAGGAGCTATGTCAGTCAGGAGCTCCAAAG 800  
 V A A S A G H H A Q G V A Y V C K S L G V Q G R I Y V P V Q T P K 123  
 CAAAGCGTGACCCATCATGGTCACCGCGGAGAGTTTGCTCTGGTGGTCACTGGCAATACTTCGACGAAGCATGGCTGGCAGCCATGAAGATG 900  
 Q K R D R I M V H G G E F V S L V V T G N H F D E A S A A A H E D 156  
 BglII  
 CAGAGCCCAACGGCCAAACGCTGATEGAGCCTTCGATGCTGGCAACACGGTCATGGTCAGGGCACCGTGGCTGAGATCTGTGCGAGCTGACTTC 1000  
 A E R T G A T L I E P F D A R H T V I G Q G T V A A E I L S Q L T S 190  
 CATGGCAAGAGTGCAGATCACGTGATGGTTCAGTCGGCGGACTCTTGCAAGGTGGTCAGCTACATGGCTGATATGGCACCTCGCACTGG 1100  
 H G K S A D H V M V P V G G G G L L A G V V S Y H A D H A P R T A 223  
 ATCGTTGGTATCGAACCAACGGGAGCACATCCATGCAGGCTGCATGGCACAAATGGGACCAATCACTTGGAGACTGTTGATCCCTTGCGACGGG 1200  
 T V G I E P A G A A S H Q A A L H N G G P I T L E T V D P F V D G 256  
 BglII  
 CAGAGGTCAAACGTCGGAGATCTCAACTACACCATCGGGAGAAGAACCGGTCGCGTCAGATGAGGCCGACCCGGCGCTGTGTACTGA 1300  
 A E V K R V G D L H Y T I V E K N Q G R V H H M S A T E G A V C T E 290  
 GATGCTCGATCTTACCAAAACGAGGCAATCGGGAGCCCTGCTGGCGCGTGTCTATEGCTGGGTTGAAGGAATGCTTGCACCTGGTCTGTC 1400  
 H L D L Y Q H E G I I A E P A G A L S I A G L K E M S F A P G S V 323  
 -----
 GTGGTGTGCATCATCTGGTGGCAACAAAGATGTGCTGGCTTATGGGAATCGCTGAGGGCTCTTGGTGCACCGGGTTGAAGGAACTTCTGG 1500  
 V V C T I S G G R H D V L R Y A E I A E R S L V H R G L K H Y T L 356  
 -----
 EcoRV  
 TGAACCTCCGAAAGGCTGGTCAGTGGCTCACTTGGAAAGATATCTGGGACGGATGATGACATCACGGCTGCTGAGCTACCTCAAGCGCAACAA 1600  
 V H F P Q K P G Q L R H F L E D I L G P D D D I T L C E Y L K R N H 390  
 -----
 CGGTGAGAACGGTACTGGTGGTGGTATTCACTTGAGTGAGCATCAGGATTGGATTCTGGTGAAGGAACTGGGAAATGGCAATTGATTCCCGT 1700  
 R E T G T A L V G I H L S E A S G L D S L L E R H E E S A I D S R 423  
 -----
 CGCTCGAGCGGGCACTCTGAGTAGCAATACTGACCTAAACATAGCTGAAGGCACCTCAATGGGTTGGCTTTCTAGTTGGTCAAGGATCG 1800  
 R L E P G T P E Y E Y L T 436  
 -----
 CAAAGCCCCAGGGTCAAGGTTCTGGAGGTGCGGTGACGGTGGGGAACTGAAGCTGAAATCACTCGCCGCAAGGGGACGGTGAGGTC 1900  
 -----
 EcoRI  
 CGACAAATTGGCCAGAAATTGGCCG

Tabelle 4

## Mutante 50

CCCCATIGCTGAGCATTGAGCTGCCTTCAGAGCTGCCTGGCCAGGTTCTGTTCCATGACTGGATTCCATCATCATCAGGATC1CTGATGAGG1GAT 100

GTTCCTGAGACCTGTGTCAGTGGCTAGAGGACTGAGCCCTGGCAACTGGAGTGAAACACGGACAAATGCCACACGGCTTGC1CTAACACAGGTCAAGTA 200

CTTCGACCCAAAGACAAAATTTCTCCCTGGCAATAAAATGGGGATTACTATGGAACAAAGATAGAAGATTCGATACGGTAAAGCTCTCAACTCGT 300

GGAAAGTGTAGTGCACAAACCAAGTATTGGCTAGAAAACAATCTATAGCATTGTTCTACAAAGAGCTTGTGGAAATAAAACCTATCCAAAGTAGGTG 400

HindII  
CAATTCTAGGAGAAGATTACACTGTCACCATGACTGAAACATACGTGTCTGAGAAAAGTCCAGGAGTGATGGC1AGGGAGGGAGCTGATTCGTGCC 500  
M S E T Y V S E K S P G V M A S G A E L I R A 23

GCCGACATTCAAAACGGCCAGGCACCAATTCTCCGTCAATTGCCACCAACTCCATTGCACTATTGCCCTCGTCTTCTGAGGAACCCGGAGGGAAATCT 600  
A D I O T A . O A R I S S V I A P T P L Q Y E P R L S E L T G A E I 56

ACCTTAAGCGTGGGGATCTGAGGATGTCTGTTCTACAAGATCCGCCGTGGCTGAACCTCTGGAGGCCAGTCACCCAAAGAGCAGGCCATGCAAGGT 700  
Y L K R E D L Q O V R S Y K I R G A L H S G A Q S P O E Q R D A G I 90

BstEII  
CGTTGCCCATCTGCAGGTAAACCATGCCCAAGGGCGTGGCTATGTGTGCAACTCTGGCCGTTCAAGGACCCATCTATGTTCTGTCAGACTCCAAAG 800  
V A A S A G N H A Q G V A Y V C K S L G V Q G R I Y V P V Q T P K 123

CAAAGCGTGCACCGCATCTGGTCACCGGGAGAGTTGTCTCTTGGTCACTGGCAATAACTCTGCAAGGAAACATCGGCTGCAGGCCATGAAGATG 900  
Q K R D R I M V H G G E F V S L V V T G N N F D E A S A A A H E D 156

BglII  
CAGAGCCACCCGCCAACCGTGTATGGCCGCTTTCGATGCTGGCAACACCGTCATGGTCAGGGCACCGTGGCTGTGAGATCTTGTCGCACTGACTTC 1000  
A E R T G A T L I E P F D A R H T V I G Q G T V A A E I L S Q L T S 190

CATGGCAAGAGTGCAGATCACGTGATGGTTCAGTCGGCCGTGGCGACTTCTGGCAAGGTGGTCAAGCTACATGGCTGATATGGCACCTGGCACTGG 1100  
H G K S A D H V M V P V G G G G L L A G V V S Y H A D M A P R T A 223

ATCGTTGGTATCGAACCGCGGGAGCAGCATCCATGCGAGGCTGCATTCACAAATGGTGGCAATCCTTGGAGACTGTGATCCCTTGTGGACGGCG 1200  
I V G I E P A G A A S M Q A A L H N G G P I T L E T V D P F V D G 256

BglIII  
GAGAGGTCAAACGTGTCGGAGATCTCAACTACACCATGTTGGAGAAGAACCCAGGGTCCGTCACATGATGAGGCCGACCCGGGGCTGTGTACTGA 1300  
G E V K R V G D L H Y T I V E K H Q G R V H M H S A T E G A V C T E 290

GATGCTGATCTTACCAAAACGAGGCATCATCGGGAGCTGGCTGGCGCTGTCTATGCTGGGTGAAGGAAATGCTCTTGACCTGGTTCTGTC 1400  
M L D L Y Q H E G I I A E P A G A L S I A G L K E H S F A P G S V 323

-----

GTGGTGTGCATCATCTGGTGGCAACAAACGATGTGCTGGCTTATGGGAAATGGCTGAGGCCCTCTGGTGCACCCGGTTTGAGGCAACTCTGG 1500  
V V C I I S G G R K D O V L R Y A E I A E R S L V H R G L K H Y F L 356

-----

ECORV.  
TGAACTTCCGCAAAGCTGGTCAGTGGCCTCAACTCTGGAAAGATATGGGACGGATGATGACATCACGGCTGTTGAGTACCTCAAGGCAACAA 1600  
V H F P Q K P G Q L R H F L E D I L G P D D O I T L F E Y L K R H H 390

-----

CCGTGAGACCGTACTGGTGGTATTCACTGAGTGAAGCACTGGATTCTGGTGAACCTATGGGAAATGGCAATGGCAATGATCTGG 1700  
R E T G T A L V G I H L S E A S G L O S L L E R M E E S A I D S R 423

-----

CCCTCGAGCCGGCACTCTGAGTACGAATACTTGACCTAAACATAGCTGAAGGCCACCTCAATCGAGGTTGGCCCTTCTGAGTTCGGTCAAGGATGG 1800  
R L E P G T P E Y E Y L T 436

-----

CAAAGCCCCACGGCTGAGGTTGGAGGTGEGGTGACGGTGGGGAACTGAACCTGAAATCAGCTCCGCCAACGGGAGGGTGTGGTGCCTG 1900

-----

ECORI  
GGAGAAATTCGGTCAAGATTCGGTCA

Tabelle 5

## Mutante 54

CCCCATGCCGAGGATTGAGCIGCCCTCAGACCTGCCAGGTTTCCATCGACTGGATTCATCAAGGATCIGAGGAGAT 100  
 CTGCTGAGAGCTGTGTCAGCCGTCAGAGGACTGACCTGGCACTGGAGTGAAACGGACATGCCACAGCCCTTGCTGAAACAGGTCAAAGTA 200  
 CTTCGACGAAAGACAAAATTTCTCTGGAAATAAAATGGGATTACTATGAAACAAAGATAGAAGATTGGATAGGAAAGCTATCTGAACTGGT 300  
 GGAAGTGTACTGCCACACACAGATTGGCTAGAAACAACTATAGCATTGTCATCAAAGAGCTTGCTGAAATAAAACCTATGCCAAAGYAGGTG 400  
 HindII  
 CAATTCTAGGAGAAGATTACACTGTCACCATGAGTGAACATACGTGTCAGAGAAAGTCCAGGAGTGATGGTACGGAGGCTGATTCG 500  
 M S E T Y V S E K S P G V H A S G A L L I K A 23  
 CCCGACATCAACGGCCAGGGACAAATTCTCCGTCATTGCCACCAACTCCATTGCACTATGCCCTGGCTTCTGAGGAACCCGAGGGAAAC 600  
 A D I Q I A Q A R I S S V I A P T P L Q Y C P R I S E E I G A L I 56  
 ACCTTAAGGGAGGGATCTGAGGATGTCAGGATGTCGTTCTACAAGATCCGGTGGCTGAACCTGGAGGCCAGTACCCCAAGGAGGCCCCATGCAAGGTAT 700  
 Y L K R E D L Q D V R S Y K I R G A L H S G A Q S P Q E D R D A G I 90  
 BstEII  
 CGTGGCCATCTGAGGATACCATGCCAGGGCTGGCTATGTCGCAAGTCCCTGGCTGAGGACCCATCTATGTCCTGAGACTCCAAAG 800  
 V A A S A G N H A Q G V A Y V C K S L G V Q G R I Y V P V Q T P K 123  
 CAAAGCGTGACCGCATCATGGTCACGGGGAGAGTTGTCCTGGTGGTCACTGGCAATAACCTCGACGAAGCATCGGCTGAGGCAATGAAGATG 900  
 Q K R O R I H V H G G E F V S L V V T G R N F D E A S A A A H E O 156  
 CAGACCGCACCGGCGCAACGGCTGATCGAGCTTCTGATGCTCGCAACACCGTCAAGGACCCGTTGGCTGAGATCTTGTGGCAGCTGACTTC 1000  
 A E R T G A T L I E P F D A R N T V J G Q G T V A A E I L S Q L T S 190  
 CATGGCAAGAGTGCAGATCACCTGGTCGTTCCAGTCGGGGYGGGGACTCTTGCAGGTGTGGTCAGCTACATGGCTGATATGCCACCTGCACTGG 1100  
 M G K S A D H V V V P V G G G G L L A G V V S Y H A D H A P R T A 223  
 ATCGTTCGATCGAACCGAGGGAGCCTCCATGCAGGCTGCATTGCCACAAATGGGACCAATCACTTGGAGACTGTTGATCCCTGGACGGCG 1200  
 I V G I E P A G A A S H Q A A L H N G G P I T L E T V D P F V D G 256  
 BglII  
 CAGAGGTCAAACGTGTCGGAGATECTCAACTACACCATGTCGGAGAAGAACCGGGCTGGCTGACATGATGAGGGCCACGGGGCCCTGCTGACTGA 1300  
 A E V K R V G O L H Y T I V E K N Q G R V H M M S A T E G A V C I E 290  
 GATGCTCGATCTTACCAAAACGAGGCACTCGGGAGGCTGCTGGCCCGCTGCTATGCGTGGCTGAGGAAATGTCCTTGCACCTGGCTGTC 1400  
 M L D L Y Q R E G I I A E P A G A L S I A G L K E H S F A P G S V 323  
 GTGGTGTGCACTCATCTGGTGGCAACAAACGATGTCGCTGGTTATGGGAAATGCGTGAGGCTCTGGTGACCCGGTTGAGGAACTCAAGGCAACAA 1500  
 V V C I I S G G H H D V L R Y A E I A E R S L V H R G L K H Y F L 356  
 EcoRV  
 TCAACTTCCCGAAAAGCTGGTCACTTGGCTACTTCTGGAAAGATACTGGGACGGATGATGACATCACCTGTTGAGTACCTCAAGGCAACAA 1600  
 V H F P Q K P G Q L R H F L E D I L G P D D O I T L F E Y L K R H H 390  
 CCGTGAGACCGGTACTGGTGGCTTACTTGACTGAAGCATCAGGATGGCTTGGCAACCTCAATCGAGGCTGGCTTCTAGTTCAGGATCG 1700  
 R E T G T A L V G I H L S E A S G L O S L E R M H E E S A I D S R 423  
 CGCTCGAGCCGGACTCTGAGTACGAATACTTGACCTAAACATAGCTGAAGGCCACCTCAATCGAGGCTGGCTTCTAGTTCAGGATCG 1800  
 R L E P G T P C Y E Y L T 436  
 CAAAGCCCCACGGCTGAAGGCTGTCGGAGGTGTCGGTGAAGGTGGGGAGTGAAAGCTGTAATACTGGCTGCCGCCAACGGGGACGGTGAAGCTGGC 1900  
 CGAGAAATTGCCAGAATTGGGGCG  
 EcoRI

Tabelle 6

## Mutante 14

CGCCATTGCCTGACCAATTGAGCTGCCCTTCAGAGCTGCCCTGGCCAGGTTTCGTTTCCATGACTGGATTTCATCATCATCAGGATCTGATGAGGTGAT 100  
 GTTGTCTGAGAGCTGTGTCAGTCGGTCAAGAGGACTGACCTGGGCAACTGGAGTGAACACGGACAATGCCACAGGCTTGCTGTAACAAAGGGTCAAGTA 200  
 CTTCGACGCAAAAGACAAAATTTCCTGGCAATAAATATGGGGATTACTATGGAAACAAAGATAAGAAGATGGATAGCAGAAAGCTATCTCAACTCGT 300  
 GGAAAGTGTAGTCCCACAAECACAGTATTGGCTAGAAAACAATCTATAGCATTTGTTTACAAAGAGCTTGTTGAAATAAAGCTATGCCAAAGTAGCTG 400  
 (HindII)  
 CAATTCTAGGAGAAGATTACACTAGTCACCATGAGTGAACCATACGTTCTGAGAAAAGTCCAGGAGTGAATGCCCTGGGAGCCAGCTGGGCC 500  
 H S E T Y V S E K S P G V M A S G A E L I R A 23  
 CGCCACATCAAACGGGGCAGGCAATTCTCCCTCATGGCACCAACTCCATTGGAGTATGCCCTGGCTGCTTGGGAAACGGGAGGGAAATCT 600  
 A D I Q T A Q A R I S S V I A P T P L Q Y C P R L S L E T G A E I 56  
 ACCTTAAGCTGAGGATCTGAGGATGTTCTTACAGATCCGGTGGCTGAACCTGGAGGGCAGTCACCCCAAGAGCAGCCCAGTCAAGGTAT 700  
 Y L K R E O L Q D V R S Y K I R G A L N S G A Q S P Q E O R O A C I 90  
 (BstEII)  
 CGTTGCCGATCTGAGGTAACCATGCCAGGGCTGGCTATGTGTGCAAGTCTTGGGCTTCAAGGACGCATCTATGTTCTGTCAGACTCTAAAG 800  
 V A A S A G N H A Q G V A Y V C K S L G V Q G R I Y V P V Q T P K 123  
 CAAAGCGTACCGCATCATGGTTCACGGGGAGAGTTGTTCTTGGGGTCACTGGCAATAACTTCGACGAAGCATGGCTGCAGGCATGAAGATG 900  
 Q K R D R I M V H G G E F V S L V V T G M N F D E A S A A H E D 156  
 (BglII)  
 CAGAGGCAACGGCAACGCTGATCGAGCTTTCGATGCTCGAACACCGTCATGGTCAAGGGACCGTGGCTGCTGAAGATCTGTCAGCTGACTTC 1000  
 A E R T G A T L I E P F D A R N T V I G Q G T V A A E I L S Q L T S 190  
 CATGGCAAGAGTGCAGATCACGTGATGGTTCAGCTGGGGGGACTCTGGCAAGGTGTTGCACTACATGGCTGATATGGCACCTGGCACTGG 1100  
 H G K S A D H V M V P V G G G G L L A G V V S Y M A D H A P R T A 223  
 ATCGTTGGTATCGAACCAACGGGGAGGAGCATCCATGGCAGGCTGCAATTGCAACATGGGGACCAACTCTGGAGAGCTGTTGATCCCTTGTGGACGGG 1200  
 I V G I E P A G A A S H Q A A L H N G G P I T L E T V D P F V D G 256  
 (BglII)  
 CAGAGGTCAAACGCTGAGGATCTCAACTACACCATCGTGGAGAAGAACCGGGTGGCTGGCATGATGAGGGGACCCAGGGCTGTGTACTGA 1300  
 A E V K R V G O L H Y T I V E K N Q G R V R M H S A T E G A V C T E 290  
 GATGCTGATCTTACCAAACGAAGGCATCATEGGAGGCTGCTGGGGCTGCTATGCTGGGTTGAAGGAATGTCCTTGCACCTGGTCTGTC 1400  
 M L D L Y Q H E G I I A E P A G A L S I A G L K E M S F A P G S V 323  
 -----
 GTGGTGTGCACTCATCTGGGGCAACAAACGATGTCGCTGGCTTATGGGAAATGGCTGAGGGCTCCCTGGCTGACCCGGGTTGGAGAAGCTACTCTGG 1500  
 V V C I I S G G H N D O V L R Y A E I A E R S L V H R G S K H Y F L 356  
 -----
 EcoRV.  
 TGAACTTCCGAAACGGCTGGTCACTTGCTCACTTCCTGGAAAGATCTGGGACGGATGATCACATCAGCTTTCAGTACCTCAAGGGEAACAA 1600  
 V N F P Q K P G Q L R H F L E D I L G P D D O I T L F E Y L K R N N 390  
 -----
 CCGTGAGACCGGACTGGTGGTGGTATTCACTGACTGAAGGATCAGGATTGGATCTTGCTGGAACTGATGGAGGAATGGCAATTGATCCCGT 1700  
 R E T G T A L V G I H L S E A S G L D S L L E R M E E S A I D S R 423  
 -----
 CGCTCGAGCCGGCACTCCGAGTACCAATACTTGACCTAAACATAGCTGAAGGCACCTCAATGGGTTGGCTTTCAGTTCGGGCAAGGGATGG 1800  
 R L E P G T P E Y E Y L I 436  
 -----
 CAAAGCCCCAEGGCTGAAGGTTGTCGGAGGTGTCGGTCACTGGGGAACTGAACCTGAAATCAAGCTGGGGCAAGGGGGACGGTCACTGGTCC 1900  
 -----
 EcoRI  
 CGAGAAATTGGCAAGAATTGGGG

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur mikrobiellen Herstellung von L-Isoleucin, bei dem in einem in vitro vorliegenden Gen einer - an der mikrobiellen Synthese des L-Isoleucins als Schlüsselenzym beteiligten - Threoninhydratase durch Mutation in dem für die allosterische Domäne des Enzyms kodierenden Genbereich ein oder mehrere Basen so ausgetauscht werden, daß mindestens eine Aminosäure in der Aminosäuresequenz der allosterischen Domäne des Enzyms durch eine andere so ersetzt wird, daß das Enzym nicht mehr durch L-Isoleucin feed back gehemmt wird, wonach nach Transformation derart mutierter Threoninhydratasegene in eine Wirtszelle diese vermehrt L-Isoleucin bildet.

---
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das für die Mutagenese in vitro vorliegende Threoninhydratasegen aus *Corynebacterium glutamicum* stammt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Isolierung von Klonen mit deregulierter, d.h. keiner feed back Hemmung durch L-Isoleucin unterliegender Threoninhydratase die durch Mutation veränderten Threoninhydratasegene in einen Mikroorganismus transformiert werden, dessen Acetohydroxysäuresynthase-Aktivität durch

L-Valin hemmbar ist, wonach nach Wachstum der Transformanden auf L-Isoleucin und L-Valin enthaltendem festen Medium die eine deregulierte Threonindehydratase enthaltenden Klone durch 5 Abimpfen von Kolonien mit durch Akkumulation von Ketobutyrat bewirkter, veränderter Morphologie erhalten werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

10 dadurch gekennzeichnet, daß das Medium zusätzlich eine Substanz zur Induktion des Threonindehydratasegens enthält.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

15 dadurch gekennzeichnet, daß die Substanz zur Induktion des Threonindehydratasegens IPTG ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5,

20 dadurch gekennzeichnet, daß das Medium zusätzlich L-Threonin als Substrat für die Threonindehydratase enthält.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6,

25 dadurch gekennzeichnet, daß die durch Mutation veränderten Threonindehydratasegene nach *Escherichia coli* K 12 transformiert werden.

30 8. Verfahren zur mikrobiellen Herstellung von L-Isoleucin, bei dem in einem in vitro vorliegenden Gen einer - an der mikrobiellen Synthese des L-Isoleucins als Schlüsselenzym beteiligten -

Threoninhydratase aus *Corynebacterium glutamicum* durch Basenaustausch außerhalb des für die allosterische Domäne des Enzyms kodierenden Genbereichs die Aminosäure Alanin in der Position 257 der Aminosäuresequenz des Enzyms durch die Aminosäure Glycin (Tabelle 4) oder die Aminosäure Methionin in der Position 199 der Aminosäuresequenz des Enzyms durch die Aminosäure Valin ersetzt wird (Tabelle 5), wonach nach Transformation derart mutierter Threoninhydratasegene in eine Threonin oder L-Isoleucin produzierende Wirtszelle diese vermehrt L-Isoleucin bildet.

15 9. Verfahren zur mikrobiellen Herstellung von L-Isoleucin, bei dem in einem in vitro vorliegenden Gen einer - an der mikrobiellen Synthese des L-Isoleucins als Schlüsselenzym beteiligten - Threoninhydratase aus *Corynebacterium glutamicum* durch Basenaustausch außerhalb des für die allosterische Domäne des Enzyms kodierenden Genbereichs die Aminosäure Histidin in der Position 278 der Aminosäuresequenz des Enzyms durch die Aminosäure Arginin und innerhalb des für die allosterische Domäne des Enzyms kodierenden Genbereichs die Aminosäure Leucin in der Position 351 der Aminosäuresequenz des Enzyms durch die Aminosäure Serin ersetzt wird (Tabelle 6), wonach nach Transformation eines derart mutierten Threoninhydratasegens in eine Threonin oder L-Isoleucin produzierende Wirtszelle diese vermehrt L-Isoleucin bildet.

20

25

30

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Wirtszelle für die Transformation eines mutierten Threonindehydrolasegens *Corynebacterium glutamicum* ist.
11. Threonindehydrolasegen mit einem durch ein oder mehrere Basenaustausche beliebig veränderten, für die allosterische Domäne der Threonindehydrolase kodierenden Genbereich.
12. Threonindehydrolasegen nach Anspruch 11 mit der DNA-Sequenz gemäß einer der Tabellen 1 bis 3, wobei die Tabellen 1 bis 3 Bestandteile dieses Anspruches sind.
13. Threonindehydrolasegen mit der DNA-Sequenz gemäß einer der Tabellen 4 bis 6, wobei die Tabellen 4 bis 6 Bestandteile dieses Anspruches sind.
14. Genstruktur, enthaltend ein Gen nach einem der Ansprüche 11 bis 13.
- 25 15. Vektor, enthaltend eine Genstruktur nach Anspruch 14.
16. Vektor nach Anspruch 15 mit einem dem Gen vorgesetzten, durch IPTG induzierbaren Promotor.
- 30 17. Transformierte Zelle, enthaltend eine Genstruktur nach Anspruch 14.

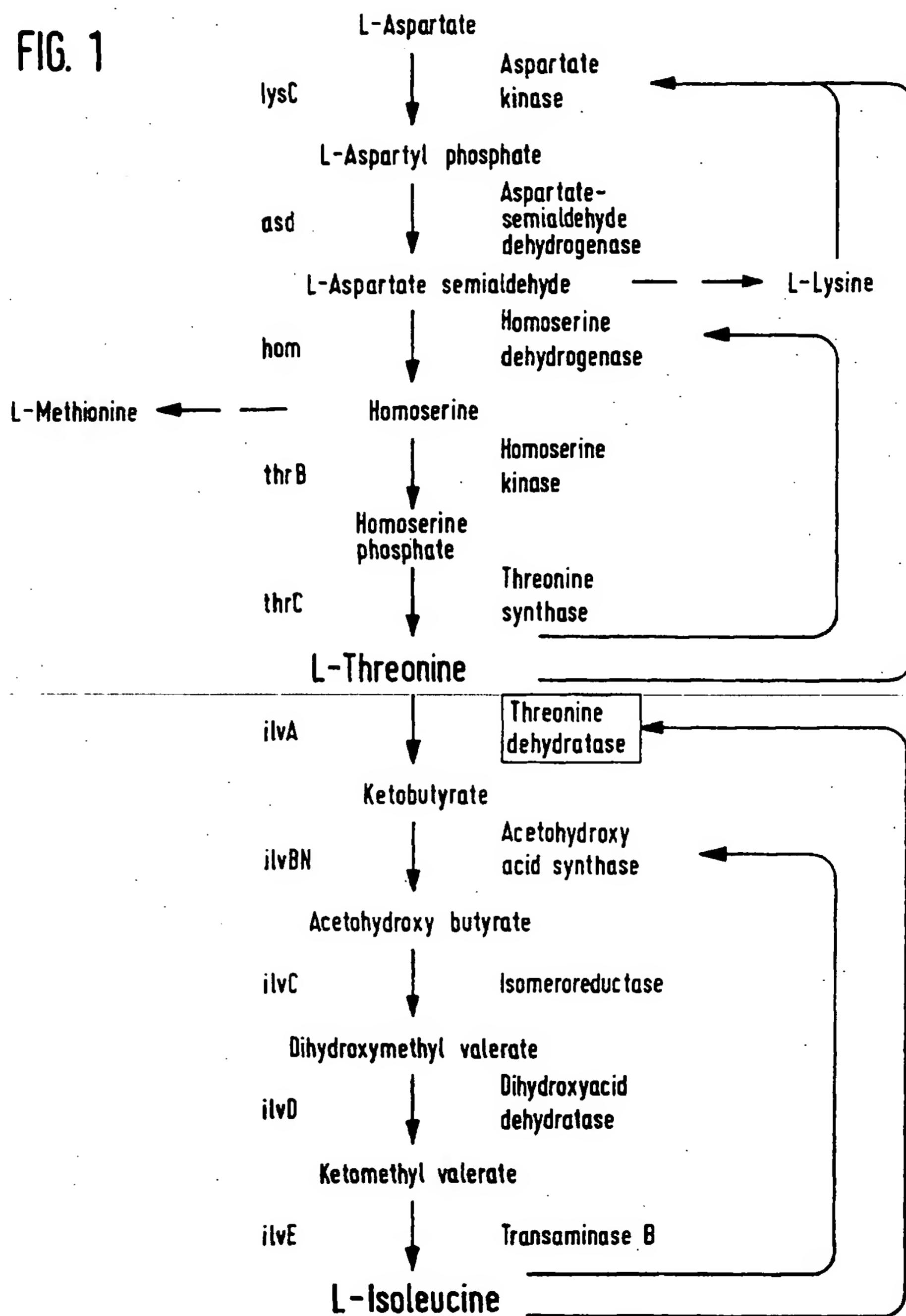
18. Transformierte Zelle, enthaltend einen Vektor nach Anspruch 15.
- 5 19. Transformierte Zelle, enthaltend einen Vektor nach Anspruch 16.
20. Transformierte Zelle nach Anspruch 18 oder 19 mit durch L-Valin hemmbarer Acetohydroxysäuresynthase-Aktivität.
- 10 21. Transformierte Zelle nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß sie *Escherichia coli* K 12 ist.
- 15 22. Transformierte Zelle nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß sie *Corynebacterium glutamicum* ist.

---

- 20 23. Transformierte Zelle nach Anspruch 17, 18 oder 22 dadurch gekennzeichnet, daß sie nicht mehr die Wildtyp-Threonindehydrolase synthetisiert.

1/3

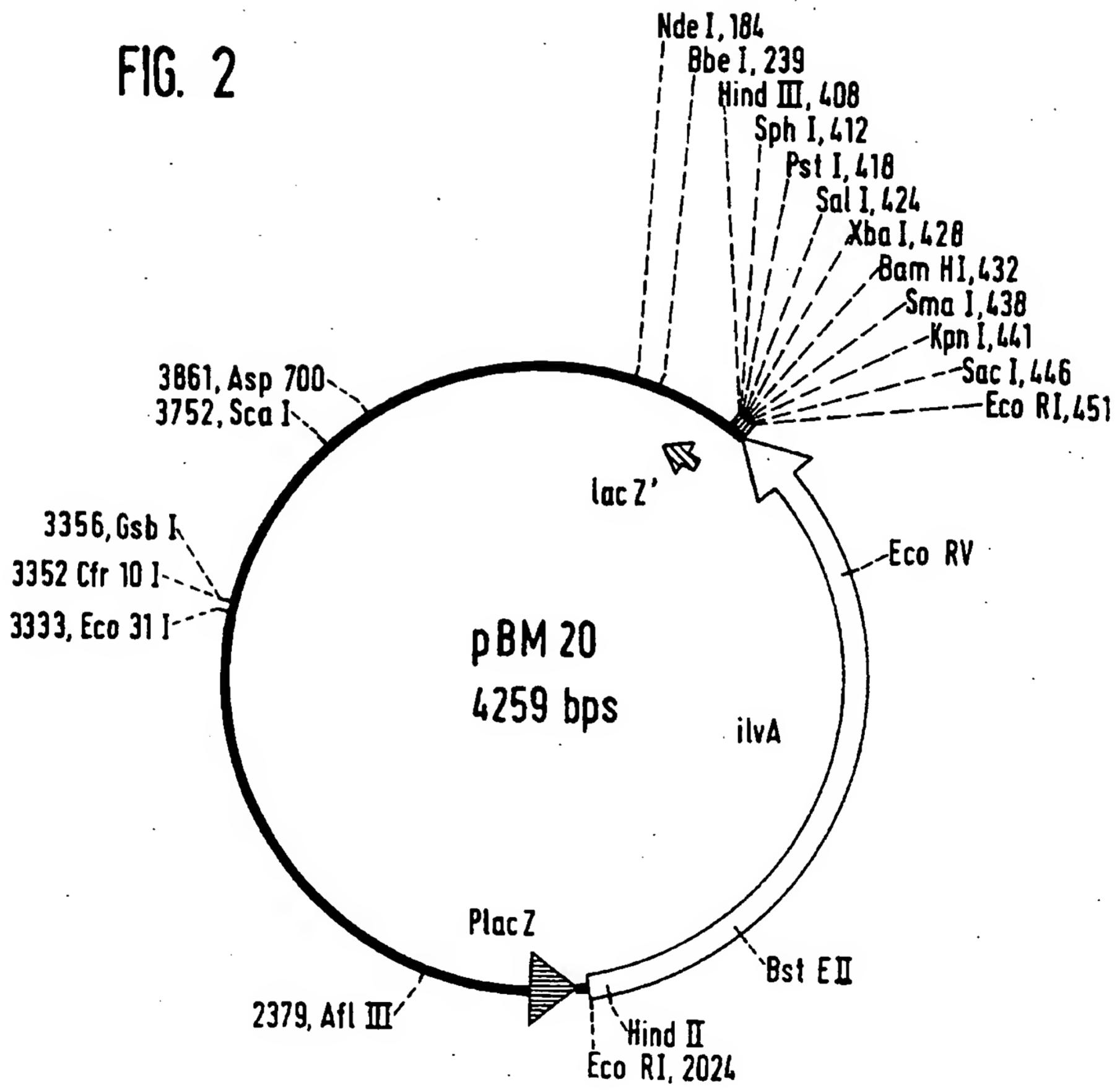
FIG. 1



ERSATZBLATT

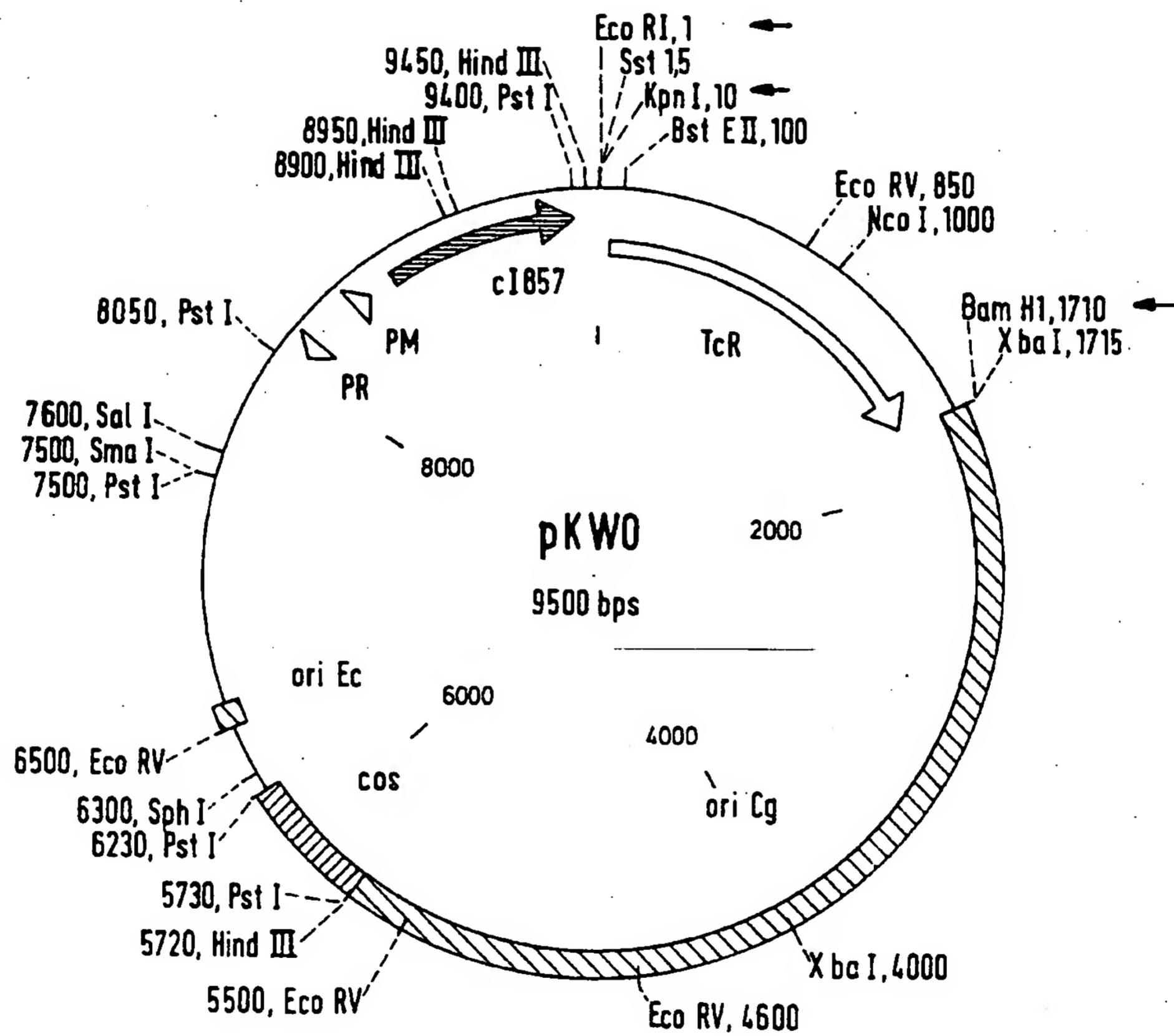
2/3

FIG. 2



3/3

FIG. 3



ERSATZBLATT

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No  
PCT/DE 95/00017

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 C12N15/60 C12P13/06 C12N1/21 // (C12N1/21, C12R1:15)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 C12P C12N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO, A, 87 02984 (AMERICAN BIOGENETICS CORP) 21 May 1987 see claims; example 1 ---	1, 11, 14, 15, 18
X	EP, A, 0 436 886 (KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH) 17 July 1991  see the whole document & DE, A, 39 42 947 cited in the application ---	1-3, 10, 11, 14, 15, 17-20, 22, 23  -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 May 1995

Date of mailing of the international search report

24.05.95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Delanghe, L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 95/00017

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 108, no. 17,  25 April 1988  Columbus, Ohio, US;  abstract no. 144395,  GAVRILOVA, O. F. ET AL 'Genetic mapping  of the ilv7434 mutation in Escherichia  coli that causes resistance of threonine  deaminase to feed - back inhibition by  isoleucine'  see abstract  &amp; GENETIKA (MOSCOW) (1988), 24(1), 13-22  CODEN: GNKAA5; ISSN: 0016-6758,  ---</p>	1,11,14, 15,18
P,X	<p>CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 121, no. 17,  24 October 1994  Columbus, Ohio, US;  abstract no. 199457,  MOECKEL, BETTINA ET AL 'Threonine  dehydratases of Corynebacterium glutamicum  with altered allosteric control: their  generation and biochemical and structural  analysis'  see abstract  &amp; MOL. MICROBIOL. (1994), 13(5), 833-42  CODEN: MOMIEE; ISSN: 0950-382X,  -----</p>	1-23

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No  
**PCT/DE 95/00017**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO-A-8702984	21-05-87	AU-A-	6737287	02-06-87
		EP-A-	0245497	19-11-87
		JP-T-	63501687	14-07-88
EP-A-0436886	17-07-91	DE-A-	3942947	27-06-91
		DE-D-	59005821	30-06-94

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat: Aktenzeichen  
PCT/DE 95/00017

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 C12N15/60 C12P13/06 C12N1/21 // (C12N1/21, C12R1:15)

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole)

IPK 6 C12P C12N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO,A,87 02984 (AMERICAN BIOGENETICS CORP) 21.Mai 1987 siehe Ansprüche; Beispiel 1 ---	1,11,14, 15,18
X	EP,A,0 436 886 (KERNFORSCHUNGSAKLAGE JUELICH) 17.Juli 1991  siehe das ganze Dokument & DE,A,39 42 947 in der Anmeldung erwähnt ---	1-3,10, 11,14, 15, 17-20, 22,23  -/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

Siehe Anhang Patentfamilie

- \*'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Mai 1995

Abtendedatum des internationalen Recherchenberichts

24.05.95

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Delanghe, L

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internatior	Aktenzeichen
PCT/DE 95/00017	

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 108, no. 17, 25.April 1988 Columbus, Ohio, US; abstract no. 144395, GAVRILOVA, O. F. ET AL 'Genetic mapping of the <i>ilv7434</i> mutation in <i>Escherichia coli</i> that causes resistance of threonine deaminase to feed - back inhibition by isoleucine' siehe Zusammenfassung &amp; GENETIKA (MOSCOW) (1988), 24(1), 13-22 CODEN: GNKA5;ISSN: 0016-6758,</p> <p>---</p>	1,11,14, 15,18
P,X	<p>CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 121, no. 17, 24.Oktober 1994 Columbus, Ohio, US; abstract no. 199457, MOECKEL, BETTINA ET AL 'Threonine dehydratases of <i>Corynebacterium glutamicum</i> with altered allosteric control: their generation and biochemical and structural analysis' siehe Zusammenfassung &amp; MOL. MICROBIOL. (1994), 13(5), 833-42 CODEN: MOMIEE;ISSN: 0950-382X,</p> <p>-----</p>	1-23

# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat	Aktenzeichen
PCT/DE	95/00017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO-A-8702984	21-05-87	AU-A-	6737287	02-06-87
		EP-A-	0245497	19-11-87
		JP-T-	63501687	14-07-88
EP-A-0436886	17-07-91	DE-A-	3942947	27-06-91
		DE-D-	59005821	30-06-94